

2nd Seminar Nasional IPTEK Terapan (SENIT) 2017
Tegal - Indonesia, 15-17 Mei 2017

ISSN: 2579-9045
ISBN: 978-602-74355-1-3

Menentukan Kualitas Minyak Transformator Dengan Pengolahan Citra Digital

Rina Latuconsina^{1*)}

¹Jurusan Teknik elektro, Politeknik Negeri Ambon
email: ¹rinawalconz@gmail.com

Abstrak – Nilai tegangan tembus mempengaruhi kualitas minyak transformator, apabila kandungan air terlalu tinggi maka bisa menurunkan tegangan tembus dan merusak isolasi kertas transformator. Perubahan warna yang terjadi pada minyak transformator adalah salah satunya dengan rusaknya isolasi tersebut. Perubahan warna pada minyak transformator juga disebabkan oleh endapan-endapan pada dinding transformator. Dengan adanya perubahan warna ini pastinya terjadi penurunan kualitas dan ketahanan dari minyak transformator itu sendiri, selama ini pengujian terhadap kualitas minyak transformator selalu menggunakan pengujian secara kimia, sehingga perlu suatu metode baru untuk melakukan pengujian kualitas minyak transformator. Tujuan menggunakan pengolahan citra digital ini adalah untuk menganalisa kualitas minyak transformator berdasarkan Warna pada minyak transformator. Dimana dari warna yang ditunjukkan oleh minyak transformator akan dapat diketahui kelayakan minyak transformator itu sendiri. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan pengolahan citra digital pada minyak transformator. Untuk mengolah informasi warna dari citra minyak transformator pada penelitian menggunakan Borland Delphi 7 karena prosesnya lebih mudah dan sederhana. Hasil pengolahan citra digital pada informasi warna dari citra minyak transformator dengan nilai RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*) tertentu dapat diketahui kualitas minyak transformasi itu sendiri.

Kata kunci - Kualitas minyak transformator, Pengolahan Citra Digital, warna, RGB.

I. PENDAHULUAN

Citra atau *image* merupakan hal yang vital dan menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari sebagai bentuk informasi *visual*. Pada keperluan tertentu, citra dapat digunakan sebagai indikator untuk menginformasikan sesuatu dalam bentuk gambar contohnya sebagai navigasi survai, ilustrasi, evaluasi, penggambaran dan lain sebagainya. Citra juga mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks.

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak

transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan.

Sebagai media isolasi minyak transformator harus memenuhi persyaratan antara lain semakin tinggi nilai tegangan tembusnya maka kualitas isolasinya semakin baik. apabila nilai Kandungan air (*water content*) terlalu tinggi maka air bisa menurunkan tegangan tembus, dan merusak isolasi kertas transformator sehingga dapat mempengaruhi perubahan warna pada minyak transformator. Selain itu juga perubahan pada warna minyak transformator juga dipengaruhi oleh kandungan karbon yang muncul akibat terjadi pemanasan yang terus menerus di dalam transformator.

Warna merupakan faktor penting dalam proses identifikasi suatu objek. Menurut Zainul Arham, dkk. (2004) [3], persepsi warna dalam pengolahan citra tergantung pada tiga faktor, yaitu: *spectral reflectance* (menentukan bagaimana suatu permukaan memantulkan warna), *spectral content* (kandungan warna dari cahaya yang menyinari permukaan) dan *spectral response* (kemampuan merespon warna dari sensor dalam *imaging system*). Ahmad Fali Oldilas, pada tahun 2004[6] dalam penelitiannya yang berjudul Karakteristik *Dielektrik* dan *Partial Discharge* Minyak Transformator Shell Diala B Pada Berbagai Tingkat Warna dan Setelah analisa didapat maka disimpulkan bahwa degradasi kuat dielektrik minyak transformator sebagai isolasi listrik berhubungan sangat tinggi dengan parameter yang mempengaruhi juga memiliki hubungan yang tinggi terhadap kandungan air (H₂O) dalam minyak. Sedangkan untuk fungsi minyak sebagai pendingin transformator dipengaruhi oleh kadar asam dan *viskositas*.

Hasil penelitian pada transformator menunjukkan bahwa pembebanan yang tinggi dalam waktu yang lama akan mempercepat umur isolasi minyak, hal ini dijelaskan oleh Barry tampubolon, pada tahun 2007[10], dalam penelitiannya berjudul Studi Pengaruh Tingkat Pembebanan Transformator Terhadap Karakteristik Dielektrik dan Gas Terlarut Minyak Isolasi Transformator.

M. sadikin dan Angga Ramdani. B pada tahun 2008[9] dalam penelitiannya yang berjudul Simulasi Perancangan ES (*Expert System*) Pengujian Isolasi Transformator Daya 150 KV Menggunakan Visual Basic 6.0 menyampaikan

*) penulis korespondensi

dapat mengetahui bagaimana kondisi suatu transformator apakah rusak atau masih berfungsi dengan cara melihat hasil diagnosa ES (*Expert System*) berdasarkan data-data dan hasil pengujian berupa *good*, *warning*, *investigation*, *bad* dan *broken* pada transformator.

Menurut Esculenta Mira. 2009. Kuantifikasi Intensitas Warna Hasil Pemeriksaan Imunohistokimia pada Pengolahan Citra. [5] mengemukakan bahwa setiap titik (*pixel*) pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar yaitu merah hijau dan biru atau dikenal dengan istilah citra fitur warna RGB (*Red Green Blue*).

Pengujian secara kimia ataupun elektrik sangat tergantung pada peralatan pendukung pengujian yang hanya terdapat pada perusahaan-perusahaan yang berskala besar, seperti pada PT PLN (Persero) untuk wilayah Jawa Timur dan Bali hanya terdapat pada Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (P3B) Jawa Bali yang berlokasi di Sepanjang – Surabaya. Sedangkan pada daerah-daerah belum mempunyai peralatan pengujian yang dimaksud. Untuk itu penelitian dengan menggunakan Pengolahan citra pada warna minyak transformator ini dapat membantu kinerja PT PLN (persero) di daerah-daerah.

II. TINJAUAN STUDI

A. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Hal ini dijelaskan oleh Munir pada tahun 2004 [4] dalam buku Pengolahan Citra Digital dengan pendekatan algoritmik.

Sebuah citra diubah ke bentuk *digital* agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain. Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya *scanner*, kamera digital, dan *handycam*. Ketika sebuah citra sudah diubah ke dalam bentuk digital (selanjutnya disebut citra digital), bermacam-macam proses pengolahan citra dapat diperlakukan terhadap citra tersebut.

Pengolahan citra adalah suatu metode yang digunakan untuk memproses atau memanipulasi gambar dalam bentuk 2 dimensi. Pengolahan citra juga dikatakan sebagai operasi untuk memperbaiki, menganalisa, atau mengubah suatu gambar. Pada umumnya tujuan dari pengolahan citra adalah mentransformasikan atau menganalisis suatu gambar sehingga informasi baru tentang gambar dibuat lebih jelas.

1) Warna pada Pengolahan Citra

Sistem *visual* manusia dapat membedakan ratusan ribu shade warna dan intensitas, tetapi hanya 100 *shade* keabun. Oleh sebab itu, dalam suatu citra, masih banyak informasi lainnya yang ada pada warna, dan informasi tersebut juga dapat digunakan untuk menyederhanakan analisis citra, misalkan identifikasi objek dan ekstraksi warna.

Kita menggunakan citra berwarna (motivasi) karena dalam analisa citra otomatis, warna merupakan deskriptor yang sangat berguna untuk menyederhanakan proses identifikasi dan ekstraksi objek pada citra dan juga mata manusia dapat membedakan ribuan warna dan intensitas.

Ahmad Usman dalam bukunya yang berjudul Pengolahan Citra Digital dan teknik Pemrogramannya memperlihatkan beberapa model warna yang penting beserta deskripsinya dan dapat dilihat berikut ini:

TABEL I
MODEL WARNA DAN DISKRIPSINYA

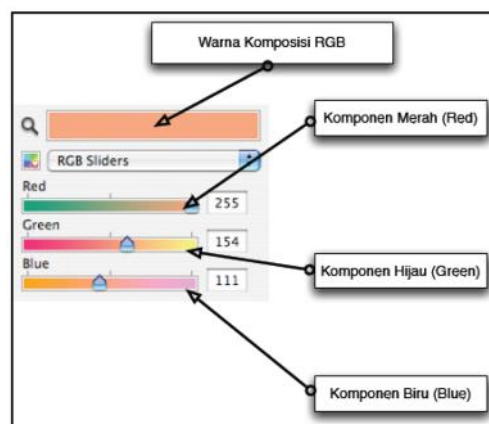
Sumber : Ahmad, 2005 [2]

Model warna	Deskripsi
RGB	Merah, Hijau dan Biru (Warna Pokok) Sebuah model warna pokok aditif yang digunakan pada sistem display
CMY (K)	<i>Cyan, Magenta, Yellow</i> (dan Karbon) Sebuah model warna subratif yang digunakan pada mesin printer.
YcbCr	Luminasi (Y) dan dua komponen kromasiti (Cb dan Cr). Digunakan dalam siaran gelombang Televisi.
HSI	<i>Hue</i> , Saturasi dan Intensitas Berdasarkan persepsi manusia terhadap warna.

2) Model Warna RGB

Banyaknya dari teknologi untuk membuat dan menampilkan warna berdasar pada observasi empiris yaitu variasi warna yang banyak bisa didapatkan dengan mencampur *red*, *green* dan *blue* dengan proporsi yang berbeda. Dua model warna yang banyak digunakan dalam dunia komputer adalah warna RGB dan CMY (K).

Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (*Red, Green, Blue* - RGB). Komposisi warna RGB tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 1



Gbr 1. Komposisi Warna RGB

Sumber : <http://Fajri.freebsd.or.id/tugas-akhir/bab2.pdf> [1]

3) Rancangan Piranti Lunak Pengolah Citra Fitur Warna RGB

Untuk mendapatkan suatu rancangan piranti lunak yang dapat mengolah fitur warna RGB diperlukan serangkaian instruksi yang memuat prosedur dengan urutan tertentu yang dapat diimplementasikan dengan menggunakan apa yang dinamakan dengan bahasa pemrograman komputer.

Pada perancangan piranti lunak untuk mengolah citra warna dari minyak transformator pada penelitian ini digunakan bahasa yang berorientasi objek dalam hal ini menggunakan Delphi agar prosesnya lebih mudah dan sederhana.

4) Pemrosesan Citra

a. Interval dan Setting warna

Pengolahan citra pada informasi warna minyak transformator, pertama dibuat interval intensitas warna dari nilai warna yang terendah sampai nilai yang tertinggi yang akan digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas minyak transformator.

b. Pengcrooping citra warna minyak transformator

Pada proses pengolahan informasi warna pada citra minyak transformator, citra atau gambar yang telah dimiliki dimasukkan ke dalam form yang ditentukan. Apabila gambar yang dihasilkan merupakan citra dengan berbagai macam informasi warna, maka harus dilakukan dilakukan pemotongan atau pengcrooping gambar pada area warna tertentu yang dominan dan mewakili warna asli minyak transformator.

c. Pengolahan menggunakan model RGB

Setelah melakukan langkah-langkah yang sebelumnya, maka sebuah citra atau gambar dapat diketahui nilai-nilai RGB dengan jumlah pixel yang berbeda-beda pada tiap nilai R, G, atau B.

Sebagaimana yang diketahui bahwa satu citra pasti memiliki nilai RGB mulai dari 0 – 255 dengan jumlah *pixel* dari tiap nilai itu berbeda-beda. Untuk mendapatkan satu nilai warna untuk satu citra, RGB yang diambil adalah pada nilai masing-masing RGB yang jumlah nilai *pixel*nya yang tertinggi atau terbanyak. Karena jumlah nilai *pixel* yang terbanyak pada suatu citra adalah menggambarkan nilai dari warna yang lebih dominan.

B. Minyak Transformator

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan.

Minyak transformator dapat dikotori oleh uap air, fiber (misalnya : kertas, kayu, tekstil), dammar dan sebagainya, Hal ini dapat mempengaruhi kemurnian minyak transformator. Dengan adanya kotoran maka akan terjadi perubahan warna pada minyak dan tegangan tembus

minyak akan menurun ini berarti mengurangi atau menurunnya umur pemakaian dan kualitas minyak.

1) Kualitas Minyak Transformator

Kualitas minyak transformator sangat penting dalam menjamin kelangsungan operasi dan umur suatu transformator. Jumlah umur yang dicapai sangat bergantung sistem isolasinya. Selama ini perlakuan yang diberikan kepada minyak transformator bekas ialah penggolongan berdasarkan tingkat warna kemudian dilakukan pengujian tegangan tembus minyak. Melalui teknik ini diperoleh hasil maksimum tegangan yang mampu ditahan oleh sifat isolator dari minyak transformator.

Pada umumnya minyak transformator yang berada pada golongan warna 1 ialah minyak dengan kondisi sangat baik. Pada golongan warna 2 – 6 minyak harus melalui proses pemurnian kembali, karena nilai tegangan tembusnya dipastikan berada dibawah kondisi optimal. Untuk minyak yang digolongkan pada tipe warna 7 maka minyak ini tidak akan dimurnikan, tetapi akan langsung diganti dengan minyak baru.

2) Kualitas Minyak Transformator berdasarkan Uji Warna

Warna pada minyak transformator ada beberapa tingkatan sehingga pada pengolahan citra nanti dapat dilihat pada tingkatan yang mana kualitas minyak transformator tersebut bisa dikatakan masih layak dipakai atau sudah waktunya diadakan reklamasi ataupun diregenerasi (diganti). Tingkatan warna pada minyak transformator yang dimiliki oleh txmservice dan PT. Tira Wira Usaha yang merupakan perusahaan maintenance yang bekerja sama dengan PT. PLN adalah :

1. kuning pucat : kondisi minyak bagus.
2. Kuning : sudah ada endapan tipis
3. kuning kecoklatan : terjadi endapan tipis pada lilitan trafo.
4. coklat pucat : terjadi endapan pada lilitan dan inti trafo.
5. Coklat : endapan beroksidasi dan mengeras sehingga kertas isolasi mudah retak atau sobek yang akan terlarut dalam minyak trafo.
6. coklat gelap : endapan mulai menyumbat siripsirip pendingin.
7. hitam : kondisi minyak sudah rusak sebaiknya minyak diganti yang baru atau diregenerasi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

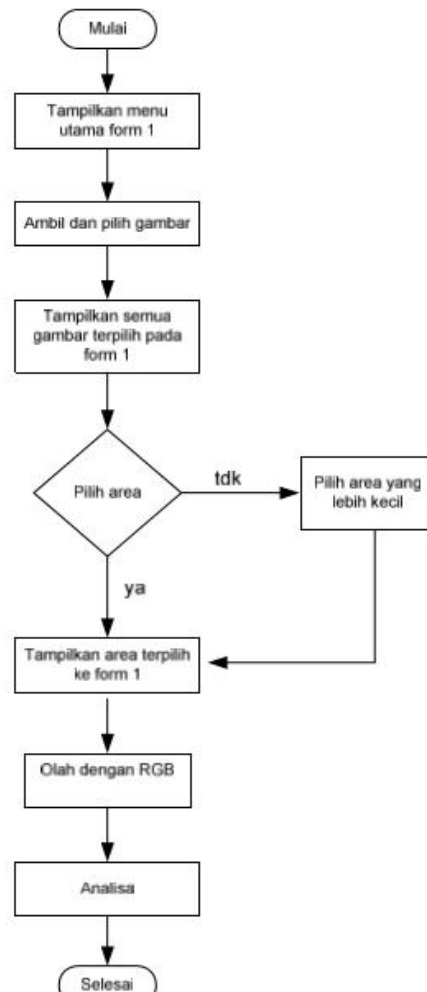
A. Tahap-tahap penelitian

Diagram alir metodologi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2. berikut :



Gbr 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Proses pengolahan citra *digital* dimulai dari proses pengambilan gambar dan ditampilkan ke dalam menu utama form 1 sampai proses perhitungan dan analisa dengan menggunakan program Borland Delphi 7.



Gbr 4. Diagram alir proses Pengolahan Citra

Dalam proses pengolahan citra digital untuk mendapatkan suatu citra dari warna asli minyak transformator, dilakukan peng-kropingan terhadap area warna minyak transformator tersebut.

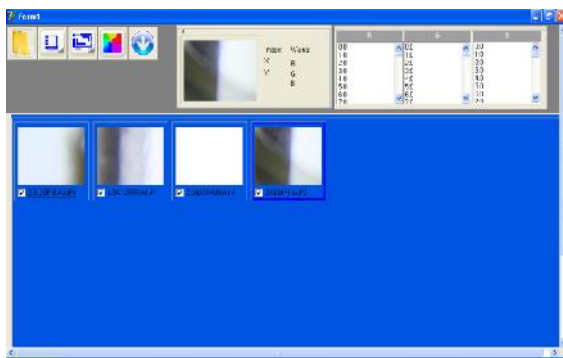
IV . HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan Membahas hasil pengujian, yaitu terdiri dari pengolahan dengan menggunakan RGB dan analisis dari warna yang di peroleh.

A. Pengolahan menggunakan RGB

Setelah melakukan langkah-langkah penentuan interval, setting warna, metode pengambilan gambar dan pemotongan areal gambar yang dipilih, maka hasil dari pengolahan citra dengan menggunakan Borland Delphi 7 ini akan diketahui nilai-nilai dari citra minyak transformator yang diolah.

Untuk mendapat nilai RGB dari suatu citra, maka dicari nilai pixel terbanyak dari RGB itu sendiri sehingga mendapatkan satu nilai RGB yang dapat mewakili satu citra atau gambar. Jumlah pixel yang diambil untuk semua citra minyak transformator adalah sama yaitu sebesar 2500. Untuk mencari nilai RGB suatu citra, maka nilai RGB

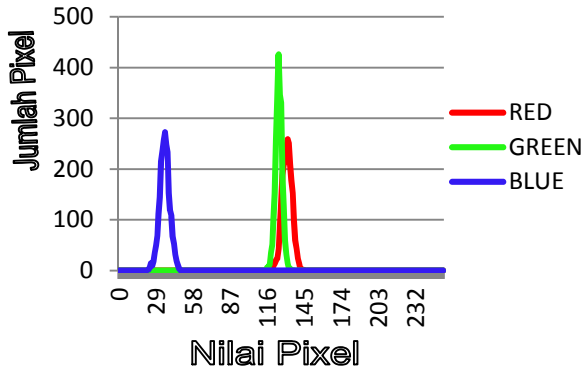


Gbr 3. Form1 menu utama

Gambar 3 diatas merupakan form1 *menu* utama tempat pemrosesan citra dilakukan. Sedangkan diagram alir proses pengolahan citra digital tersebut ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini

yang didapat, berada pada posisi nilai *pixel* terbanyak atau nilai yang dominan pada tiap-tiap nilai RGB.

Hasil nilai RGB pada posisi kualitas minyak baik ditunjukkan pada Gambar 5 dan dapat dilihat berikut ini :

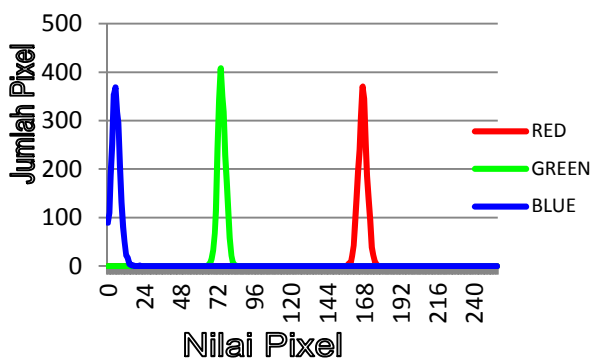


Gbr 5. Grafik nilai RGB pada kualitas minyak baik

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat kondisi kualitas minyak transformator itu baik jika nilai R berada pada kisaran nilai 120-140, dan nilai G berada pada kisaran nilai 110-130, sedangkan nilai B lebih kecil atau berada pada kisaran 20-50.

Untuk kualitas minyak transformator baik nilai merah (R) memiliki nilai pixel yang besar untuk nilai Hijau (G) berada berdekatan dengan nilai merah sedangkan niali Biru (B) jauh lebih kecil dari nilai merah dan Hijau.

Untuk nilai RGB pada posisi kualitas minyak cukup baik ditunjukkan pada Gambar 6 dan dapat dilihat berikut ini :

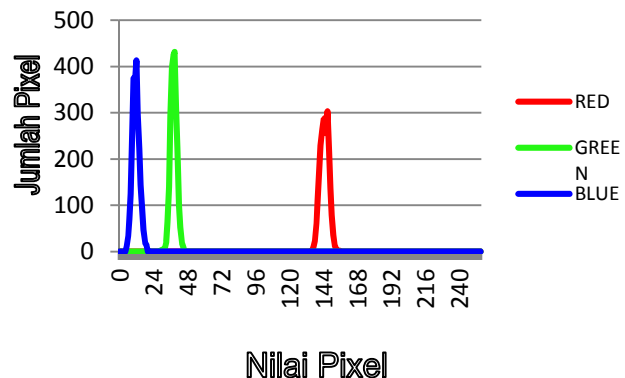


Gbr 6. Grafik nilai RGB pada kualitas minyak cukup baik

Berdasarkan Grafik diatas, dapat dilihat kondisi kualitas minyak transformator cukup baik dimana nilai R berada pada kisaran 155-175, untuk nilai G berada pada kisaran nilai 65-80, sedangkan nilai B lebih kecil atau berada pada kisaran 0-20.

Untuk kualitas minyak transformator cukup baik nilai merah (R) memiliki nilai pixel yang besar untuk nilai Hijau (G) berada ditengah antara nilai Merah (R) dan biru (B) sedangkan niali Biru (B) lebih kecil dari nilai merah dan Hijau.

Untuk nilai RGB pada posisi kualitas minyak kurang baik ditunjukkan pada Gambar 7 dan dapat dilihat berikut ini :



Gbr 7. Grafik nilai RGB pada kualitas Minyak kurang baik

Berdasarkan Grafik diatas, dapat dilihat kondisi kualitas minyak transformator kurang baik dimana nilai R berada pada kisaran 135-150, untuk nilai G berada pada kisaran nilai 30-40, sedangkan nilai B lebih kecil atau berada pada kisaran 0-20.

Untuk kualitas minyak transformator kurang baik nilai merah (R) memiliki nilai pixel yang besar untuk nilai Hijau berada mendekati nilai biru (B) yaitu kecil.

Jadi dapat dikatakan bahwa kualitas minyak transformator dengan nilai RGB lebih dominan yaitu pada pergeseran nilai hijau (G), dimana semakin besar nilai G semakin baik kualitas minyak sedangkan semakin kecil nilai G maka semakin jelek kualitas minyak transformator.

IV . KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan metode proses pengolahan citra digital dengan aplikasi warna RGB pada informasi warna citra fotografi minyak transformator, dapat diketahui bahwa secara teknis dapat digunakan sebagai metoda alternatif pengganti pengujian secara laboratorium dalam mengukur tingkat kualitas dari minyak transformator.

Dari warna yang ditunjukkan oleh minyak transformator akan dapat diketahui kelayakan minyak transformator itu sendiri. Disini dapat dilihat semakin pekat warna dari minyak transformator maka semakin jelek kualitas minyak transformator tersebut.

1. Hasil analisa dengan RGB untuk kualitas minyak dapat disimpulkan bahwa :

- A. untuk kualitas minyak transformator baik, nilai pixel RGB minyak masing-masing adalah :
 - a) nilai pixel R dan G banyak dan seimbang berkisar antara 120 – 140.
 - b) sedangkan nilai B sedikit atau kurang dari nilai R dan G pada kisaran 30-103.
- B. Untuk kualitas minyak transformator cukup, nilai pixel RGB minyak masing-masing adalah :
 - a) Nilai pixel R banyak dengan kisaran yang sama pada kualitas baik.

TABEL I
HUBUNGAN ANTARA NILAI RGB DENGAN NILAI PENGUJIAN DIELEKTRIK

No.	Jenis	sampel minyak	Nilai			Nilai Warna	Keterangan
	Transformator	Transformator (Tahun)	R	G	B	dengan Pengujian laboratorium	
1	Transformator A	2003 (3 tahun)	124	126	103	0.00	baik
		2004 (4 tahun)	130	129	90	0.20	baik
	150/20 kV	2005 (5 tahun)	136	136	71	0.50	baik
	15 MVA	2007 (7 tahun)	146	139	22	1.20	baik
		2009 (9 tahun)	167	74	5	3.00	cukup
		2010 (10 tahun)	139	33	21	5.50	kurang baik
2	Transformator B	2003 (4 tahun)	130	132	93	0.00	baik
		2004 (5 tahun)	136	128	54	0.70	baik
		2005 (6 tahun)	143	138	31	1.00	baik
	150/20 kV	2007 (7 tahun)	152	111	0	1.50	baik
	60 MVA	2009 (10 tahun)	154	40	20	3.90	Kurang baik
		2010 (11 tahun)	117	42	42	4.70	kurang baik
3	Transformator C	2003 (2 tahun)	140	138	84	0.00	baik
		2004 (3 tahun)	126	127	96	0.20	baik
		2006 (5 tahun)	132	125	36	1.30	baik
	150/20 kV	2007 (6 tahun)	146	117	0	1.70	baik
	30 MVA	2009 (8 tahun)	138	39	25	4.40	kurang baik
		2010 (9 tahun)	145	39	12	6.00	kurang baik

- b) Nilai pixel G kurang lebih setengah dari nilai R, dan
c) Nilai B lebih kecil dari nilai R atau kurang lebih nilai G.

C. Untuk kualitas minyak transformator jelek atau rusak nilasi pixel RGB berada pada kisaran nilai yang paling kecil dan dominan mendekati nilai RGB warna hitam.

Dengan mengacuh pada pengolahan citra digital terhadap informasi warna minyak transformator, maka tindakan yang seharusnya diambil oleh PT. PLN (Persero), apakah akan tetap menggunakan, melakukan reklamasi atau mengganti minyak transformator sehingga umur ekonomis dari transformator dapat ditingkatkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak Kemenristek Dikti atas lolosnya penelitian PDP, Bapak Direktur Politeknik Negeri Ambon, Bapak. Djon K. Elwarin, ST., M.Eng, bapak Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Bpk. M.A.F. Haurisa, ST., M.Eng dan Bpk. Luwis H. Laisina, ST., MT. dalam memberikan dukungan, motivasi dan kepercayaan kepada penulis untuk mengikuti Seminar Nasional ini. Rekan peneliti dan teknisi yang telah membantu di lapangan maupun laboratorium sehingga terselesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, <http://Fajri.freebsd.or.id/tugas-akhir/bab2.pdf> (Diakses : 2017)
- [2] Ahmad Usman. 2005. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemogramannya. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [3] Arham Zainul, dkk. 2004. Warna Merupakan Faktor Penting dalam Proses Indentifikasi Suatu Objek.
- [4] Munir Rinaldi. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Informatika. Bandung.
- [5] Esculenta Mira. 2009. Kuantifikasi Intensitas Warna Hasil Pemeriksaan Imunohistokimia pada Pengolahan Citra. Universitas Brawijaya. Malang.
- [6] Oldilas Ahmad Fali. 2004. Karakteristik Dielektrik dan Partial Discharge Minyak Transformator Shell Diala B pada Berbagai Tingkat Warna. Institut Teknologi Bandung.
- [7] Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga, PT PLN (Persero) P3B, 2003.
- [8] P. Andreas dkk. 2008. Proses Tata Cara dan Instruksi kerja pengambilan sampel minyak. Seminar PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa-Bali.
- [9] Sadikin M. Dan Ramdani Angga. 2008. Simulasi Perancangan ES (Expert System) pengujian Isolasi Transformator Daya 150 kV menggunakan Visual Basic 6.0.
- [10] Tampubolon Barry, 2007 Studi Pengaruh Tingkat Pembebanan Transformator Terhadap Karakteristik Dielektrik dan Gas Terlarut Minyak Isolasi Transformator. Institut Teknologi Bandung.